

П. В. Константинов, А. К. Любимов, Б. А. Воинов

*Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского,
pavel.konstantinov@intel.com, ljubimov@mm.unn.ru,
boris.voinov@intel.com*

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДУЛЯ
“МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ПЛАСТИЧНОСТИ” В РАМКАХ ПРОГРАММНОЙ
СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО
АНАЛИЗА**

Пластическая деформация кристалла (металла) рассматривается как скольжение в выделенных кристаллических плоскостях легкого скольжения. Таких плоскостей обычно несколько десятков для распространенных металлов с кристаллическими решетками типа ГЦК и ОЦК. Суммарный сдвиг по плоскостям ассоциируется с макроскопической деформацией, то есть с тензором деформации. Скольжение вызывается силами приложенными к соответствующей плоскости и приводит к размножению дислокаций, взаимодействие которых ведет к упрочнению, то есть затрудняет скольжение. Само скольжение рассматривается уже на микроскопическом уровне. На данном этапе работы рассматриваются и реализуются в программном коде две существующих и испытанных микромеханических модели пластичности с целью дальнейшего сравнения получаемых результатов расчетов.

Данный подход позволяет не только описать текучесть металлических кристаллов, но и получить характеристики обычных поликристаллических металлов, например, предел текучести и упрочнение, исходя из некоторого набора параметров

микроскопического масштаба.

Первая модель пластичности кристаллов (СР-модель Кокса) реализует расчет деформаций металлических сплавов на микроскопическом уровне. СР-модель по сути усредняет дискретные процессы, приводящие к пластическому деформированию металла (движение дислокаций) и рассматривает процессы в континуальной теории деформации, которые уже можно было бы смоделировать с помощью конечного-элементного анализа. СР-модель лучше всего представляет деформацию в масштабе нескольких зерен, хотя она также она может быть реализована и для крупных монокристаллов. СР-модель отличается от привычных моделей материалов сплошной среды, используемых в конечно-элементном анализе тем, что свойства материала определяют два различных типа параметров. Первый тип включает обычные значения коэффициентов упругости, реологические свойства, коэффициент теплового расширения и т. д. Второй тип включает углы Эйлера и начальные ориентации кристаллической решетки относительно некоторой исходной конфигурации. В большинстве случаев конечно-элементная модель принимает один набор параметров материала и несколько различных ориентаций кристалла. Для сплава с несколькими фазами материалы могут быть определены как комбинации нескольких наборов параметров кристаллической решетки и ориентаций. К сожалению, СР-модель Кокса должна различать упругую и пластическую составляющие.

Вторая рассматриваемая микромеханическая модель пластичности (модель Хардера) предназначена для реализации расчета поведения кристаллов чистых ГЦК металлов при низких температурах. Зависящие от скорости уравнения включают в себя кинематическое и изотропное упрочнения с формули-

ровками, основанными на процессах скольжения соответствующих систем скольжения. Полученные результаты моделирования очень хорошо совпадают с соответствующими экспериментами с монокристаллами, например на растяжение, которые подтверждают качество выбранного математического подхода. Показано, что, как кинематический, так и изотропный процессы определяют упрочнение как результат основного взаимодействия систем скольжения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Kocks U. F., Kok S., Beaudoin A. J., Tortorelli D. A. *A polycrystal plasticity model based on the mechanical threshold* // Int. J. of Plasticity. – 2002. – No 18. – P. 715–741.
2. Harder J. *FEM-simulation of the hardening behavior of FCC single crystals* // Acta Mechanica. – 2001. – No 150. – P. 197–217.

И. В. Конюхов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
IvanKonuyukhov@yandex.ru*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПУСКЕ НЕФТЯНОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ, ОБОРУДОВАННОЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ ЭЛЕКТРОНАСОСОМ

Рассматриваются переходные процессы, возникающие при выводе на эксплуатационный режим добывающей нефтяной скважины, оборудованной установкой многоступенчатого